

1回当たり最大 80 kg の種もみを処理できる 温湯消毒装置の開発

三重県科学技術振興センター農業研究部 ^{くろだ}黒田 ^{かつとし}克利・^{とみかわ}富川 ^{あきら}章・^{すずき}鈴木 ^{ひろふみ}啓史
中部電力株式会社エネルギー応用研究所 ^{すず}鈴 ^{むら}村 ^{もと}素 ^{ひろ}弘

は じ め に

イネに発生する病害には、病原菌が種子によって伝播される種子伝染性病害が多くあり、これらの中にはばか苗病、いもち病、ごま葉枯病、もみ枯細菌病、苗立枯細菌病、枯線虫病等の重要な病害が含まれている。これらの病害が育苗期に発生すると被害が大きいことから、化学農薬による種子消毒が一般的に行われている。

近年、イネの種子消毒に使用された化学農薬の使用済み廃液の適正管理が求められており、特に大量の化学農薬を使用するJAを中心とした大規模水稻育苗施設では、農薬廃液処理装置を導入し対応する事例が増えている。しかし、農薬廃液処理装置が高額であるうえに、種子消毒を化学農薬に頼るかぎり、将来にわたって農薬処理にかかわる作業やそれに要する経費負担の問題が残ることになる。このようなことから、生産現場からは化学農薬に替わる種子消毒技術の開発を望む声が高まっており、特に、物理的な手法を用いた種子消毒方法の開発が注目されている。

物理的殺菌法の一つである温湯消毒は、クリーンな種子消毒方法として期待が高まり、近年研究事例が増えたこともあってその有効性が確かめられている(江口ら, 2000; 山下ら, 2000)。安定した殺菌効果の得られる処理条件として、種もみを60℃前後の温湯に10分間程度浸漬する方法が最も効果的とされている。また、民間企業から温湯消毒装置が販売され、生産現場での温湯消毒が実施可能となっている。

我々が種もみの温湯消毒を大量に処理できる装置の開発に着手した2000年当時、市販の温湯消毒装置は一度に処理できる種もみ量が8～16kgであり、小規模農家向けの装置として位置づけられていた。そこで我々は、大規模水稻育苗施設における温湯消毒の実施をねらいとして、一度に大量の種もみを消毒できる温湯消毒装置を中部電力(株)との協力により開発し、一連の試験を行っ

たので紹介する。

I 開発した温湯消毒装置

本装置はそれぞれ500 l容積の予浸水槽、殺菌水槽、冷却水槽を備え、種子消毒の行程は予浸、殺菌、冷却の順に行う。予浸水槽、殺菌水槽には、深夜電力を利用した550 l容量の電気温水器(三菱, SRG-5544-BI)2器を利用して、それぞれ400 lの温湯を供給する。冷却水槽には水道水などの流水を供給する。温湯の温度はサーモスタットにより制御し、加熱は水槽底部に取り付けたヒーター(2 kW/台)を熱源とし、予浸水槽に2台、殺菌水槽に4台装着する。また、温湯はポンプによって強制的に循環する(図-1)。電源はすべて200 V仕様である。

II 開発した温湯消毒装置の処理能力の検討

三重県では、イネの播種は3月下旬から開始されるが、種もみは倉庫などの温度の低い場所に保管されるので、播種時期の種もみの温度は気温と同様に約15℃以下になっていると想定される。このような温度の低い種もみを大量に殺菌水槽に投入すると、殺菌水槽の水温が大きく低下し、水温の制御が不十分となって満足な殺菌効果を得られない可能性がある。そこで、種もみを殺菌直前に40℃の温湯に10分間予浸し、種もみの温度を40℃に上昇させることで、殺菌水槽の温度低下をできる

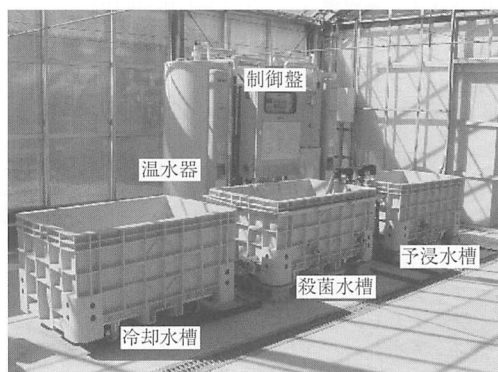


図-1 開発した温湯消毒装置

Development of a Hot Water Treatment Device Capable of
Disinfecting 80 kg of Rice Seed in a Stroke. By Katsutoshi
KURODA, Akira TOMIKAWA, Hirofumi SUZUKI and Motohiro SUZUMURA
(キーワード: 水稻, 大型育苗施設, 種もみ, 温湯消毒装置)

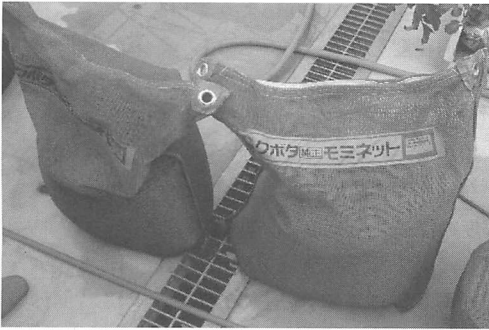


図-2 網袋に入れた種もみ (1 袋当たり 20 kg 入れる)



図-3 殺菌水槽に 80 kg の種もみを入れた状態

だけ小さくする方法を考えた。

開発した温湯消毒装置は三重県科学技術振興センター農業研究部内のガラス温室に設置し、2001 年 11 月、02 年 5 月に試験を実施した。1 回当たりの最大処理能力を求めるために、種もみの処理量が殺菌水槽の水温および種もみ温度に与える影響を調べた。種もみ 20 kg を一つの網袋 (55 cm × 73 cm) に入れ、袋数を変えることで 60 kg から 120 kg の種もみを殺菌に供した (図-2, 3)。予浸水槽は 40℃ に設定し、10 分間浸漬した。殺菌水槽は 60, 62, 64℃ に設定し、10 分間浸漬した。なお、60 kg 処理の場合は予浸なしの区を設けた。温度の測定・記録はデータロガー (横河, DATA ACQUISITION UNIT DA100) により行った。種もみの温度測定において、センサーは種もみ袋の中心部に挿入した。

60 kg の種もみを用いて、予浸の有無が殺菌水槽投入後の種もみ温度の変化に及ぼす影響を調べた。その結果表-1 に示すように、40℃ に 10 分間予浸する方法は、14.4℃ の乾もみを直接殺菌水槽に投入する方法に比べ種もみの温度上昇が早いことが確認された。また、80 kg の予浸ありと 60 kg の予浸ありについて、殺菌水槽投入

表-1 殺菌水槽における種もみ温度の上昇

種もみ 処理量 (kg)	予浸	殺菌水槽 設定水温 (℃)	種もみ袋中心部の所定の水温 (℃) に 到達するまでの所用時間 (分)							
			55	56	57	58	59	60	61	62
60	有	60	1			2	7	12		
60	無	60	2			3	9	15		
80	有	60	2	3	4	5	8	19		
80	有	62	1.5	1.5	2		2.5	7		
80	有	64				1	2	3	4	8
120	有	60	8	9	11	16	23	28		

予浸無処理種もみの殺菌水槽投入前の温度は 14.4℃。水温の調査は 4 点の平均値。

後の種もみ温度の変化を比較したところ、80 kg でも予浸を行えば温度上昇は比較的速やかであった。しかし、120 kg の予浸ありでは、殺菌水槽の温度低下が大きく処理能力を超えていた。以上から、供試する種もみによるが予浸を行うことは、殺菌水槽投入後の種もみの温度を速やかに上昇させることに有効であると考えられる。また、開発した温湯消毒装置の最大処理能力は 80 kg まで可能と考えられた。

次に、80 kg の種もみを用いて予浸を行った場合の殺菌水槽の設定温度と、種もみ袋の中心部の温度変化の関係を調べた。表-1 に見られるように、60℃ 設定では温度上昇は緩慢で、60℃ に到達するのに 19 分を要した。62℃ 設定では温度上昇は比較的速やかで、60℃ に到達する時間は 7 分後であった。また、64℃ 設定では 3 分後には 60℃、8 分後には 62℃ になり、温度上昇は非常に速やかであった。早坂 (2001) は、イネ種子の発芽に及ぼす温湯消毒の処理温度と処理時間の影響を調べ、60℃ では 15 分間まで、62℃ の場合 10 分間までの処理で発芽率 90% 以上を確保できるが、64℃ では 10 分間処理でも 90% 以下になる品種が見られたと報告している。これらのことから、本装置により 80 kg の種もみを処理する場合、殺菌水槽を 64℃ に設定すると袋中心部の温度上昇は速やかであるが、外周部の種もみが 64℃ に遭遇して発芽率が低下する可能性がある。一方、62℃ 設定の場合、中心部の温度上昇は 64℃ 設定に比べやや劣るが、外周部の種もみは 62℃ 以上には遭遇しないことから発芽への影響は少ないと考えられる。したがって、80 kg の種もみ処理を行う場合、殺菌水槽の設定温度は 62℃ が適当であると考えられる。

III 各種病害に対する防除効果

本装置により 80 kg の種もみを設定温度 40℃ の予浸

水槽に 10 分間浸漬後、設定温度 60℃および 62℃の殺菌水槽に 10 分間浸漬する方法で各種病害に対する防除効果を調査した。試験は 2001 年 11 月、02 年 5 月に実施した。水稻の種子伝染性病害の中で、三重県内で発生が問題となるばか苗病、もみ枯細菌病、苗立枯細菌病、心枯線虫病を対象に検討した。

ばか苗病は、開花期接種した汚染種もみ（品種：短銀坊主）を 100%供試した。もみ枯細菌病は、開花期接種した汚染種もみ（品種：黄金晴）を 100%供試した。苗立枯細菌病は、開花期接種もみ（品種：コシヒカリ）を健全種子に 10%混ぜて供試した。心枯線虫病は、自然感染もみ（品種：コシヒカリ）を 100%供試した。各病害別に汚染種もみ 11 g を 5 cm × 10 cm の網袋に入れ、健全な種もみを 20 kg 入れた袋の中心部に埋めた。温湯消毒を行う種もみの量は 80 kg (20 kg × 4 袋) とした。温湯消毒は予浸水槽に 40℃で 10 分間浸漬後、殺菌水槽に 60℃または 62℃で 10 分間浸漬し、殺菌終了後直ちに流水で冷却した。対象としてイブコナゾール・銅水和剤の 200 倍液 24 時間浸漬処理を行った。

ばか苗病は、徒長および枯死の有無を調査し、発病苗率を算出した。防除価は $100 - (\text{処理区の発病苗率} \div \text{無$

処理の発病苗率) × 100 により算出した。もみ枯細菌病は、発病程度を 0：発病なし、1：葉身の黄化、2：葉身の腐敗程度が重い、3：枯死の指数別に調査し、発病度を $\Sigma(\text{発病程度別苗数} \times \text{指数}) \div (\text{調査苗数} \times 3) \times 100$ により算出した。防除価は $100 - (\text{処理区の発病度} \div \text{無処理の発病度}) \times 100$ により算出した。苗立枯細菌病の発病程度の調査、発病度、防除価の算出は、もみ枯細菌病に準じた。また、心枯線虫病は、温湯消毒直後に、種もみを脱おし、ベルマン法 (50 粒調査、48 時間分離) により分離されるイネシンガレセンチュウ数を調査した。防除価は、 $100 - (\text{処理区の分離線虫数} \div \text{無処理の分離線虫数}) \times 100$ により算出した。

ばか苗病に対しては、60℃設定で防除価 100、62℃設定で防除価 96.7 といずれの温度においても高い効果が認められた (表-2)。もみ枯細菌病に対しては、60℃設定で防除価 78.7、62℃設定で 86.2 と 62℃設定で高い効果が認められた (表-3)。苗立枯細菌病に対しては、60℃設定で防除価 76.3、62℃設定で防除価 93.5 となり 62℃設定で高い効果が認められた (表-4)。ばか苗病、もみ枯細菌病、苗立枯細菌病に対する温湯消毒の防除効果は、イブコナゾール・銅水和剤 200 倍 24 時間浸漬処

表-2 開発した温湯消毒装置を用いて 80 kg の種もみを処理した場合のばか苗病の防除効果

試験	処理	発芽率 (%)	調査苗数	発病苗率 (%)	防除価
I	温湯 (殺菌水槽 60℃設定)	87.6	394	0	100
	イブコナゾール銅水和剤	93.6	417	0	100
	無処理	89.9	401	3.6	
II	温湯 (殺菌水槽 62℃設定)	93.1	423	0.3	96.7
	イブコナゾール銅水和剤	95.5	418	0.4	95.7
	無処理	96.7	428	9.2	

温湯：予浸水槽 (40℃設定) に 10 分間浸漬後、殺菌水槽に 10 分間浸漬。イブコナゾール銅水和剤：200 倍液、24 時間浸漬処理。3 反復の平均値。

表-3 開発した温湯消毒装置を用いて 80 kg の種もみを処理した場合のもみ枯細菌病の防除効果

試験	処理	発芽率 (%)	調査苗数	発病苗率 (%)	発病度	防除価
I	温湯 (殺菌水槽 60℃設定)	74.2	368	9.9	8.7	78.7
	イブコナゾール銅水和剤	79.5	378	7.5	6.1	85.0
	無処理	67.1	334	51.9	40.8	
II	温湯 (殺菌水槽 62℃設定)	84.1	280	3.1	2.7	86.2
	イブコナゾール銅水和剤	87.3	269	6.4	3.7	81.1
	無処理	85.6	262	22.3	19.6	

温湯：予浸水槽 (40℃設定) に 10 分間浸漬後、殺菌水槽に 10 分間浸漬。イブコナゾール銅水和剤：200 倍液、24 時間浸漬処理。3 反復の平均値。

表-4 開発した温湯消毒装置を用いて 80 kg の種もみを処理した場合の苗枯細菌病の防除効果

試験	処理	発芽率 (%)	調査苗数	発病苗率 (%)	発病度	防除価
I	温湯 (殺菌水槽 60℃設定)	96.7	461	2.7	1.4	76.3
	イブコナゾール銅水和剤	96.4	495	1.6	1.0	83.1
	無処理	97.3	502	8.6	5.9	
II	温湯 (殺菌水槽 62℃設定)	93.6	320	1.4	1.1	93.5
	イブコナゾール銅水和剤	97.3	328	2.7	2.0	88.2
	無処理	95.1	316	28.3	16.9	

温湯：予浸水槽 (40℃設定) に 10 分間浸漬後、殺菌水槽に 10 分間浸漬。イブコナゾール銅水和剤：200 倍液，24 時間浸漬処理。3 反復の平均値。

表-5 開発した温湯消毒装置を用いて 80 kg の種もみを処理した場合のイネシンガレセンチュウの防除効果

試験	処理	調査 もみ数	線虫 分離数	防除価
I	温湯 (殺菌水槽 60℃設定)	50	0	100
	無処理	50	30.3	
II	温湯 (殺菌水槽 62℃設定)	50	5.0	88.1
	無処理	50	42.0	

温湯：予浸水槽 (40℃設定) に 10 分間浸漬後、殺菌水槽に 10 分間浸漬。分離数はベルマン法により調査。3 反復の平均。

理のそれとほぼ同等であった。また、シンガレセンチュウに対しては、60℃設定で防除価 100、62℃設定で 88.1 と 60℃設定で効果が優ったが、いずれの温度においても高い効果が認められた (表-5)。以上の結果から、試作した温湯消毒装置で一度に 80 kg の種もみを消毒しても、三重県内で問題となる種子伝染性病害に対して高い防除効果のあることが明らかになった。

IV 温湯消毒がイネ種子の発芽に及ぼす影響

三重県内で普及しているイネの主要品種について、種子発芽に及ぼす温湯消毒の処理温度と処理時間の影響を調べた。そこで、採種年の異なるうるち米 (6 品種)、もち米 (3 品種) を供試して、種もみの品種や採種年の違いによって、種子発芽に及ぼす温湯消毒処理の影響が異なるかどうかを検討した。2002 年 2 月には恒温水槽 (ヤマト科学, BK-43) を用いて試験を行い、02 年 5 月には開発した温湯消毒装置を用いて試験を実施した。恒温水槽による試験は、水温を 58℃または 60℃に設定した水槽に、供試種子を 100 粒ずつ 5 cm × 10 cm の網袋に入れ、10 分間または 15 分間浸漬し、浸漬終了後直ちに流水で冷却した。温湯消毒装置による試験では、供試

種子 100 粒の入った 5 cm × 10 cm の網袋を 20 kg の種もみ袋の中心部に埋め、その 4 袋 (80 kg) を予浸水槽に 40℃で 10 分間浸漬後、殺菌水槽に 62℃で 10 分間浸漬し、終了後直ちに流水で冷却した。湿ったろ紙を敷いたガラスシャーレに温湯処理後の種子 100 粒を置床し、25℃で 6 日間培養後、発芽率を調査した。

恒温水槽を用いた実験の結果によると、58℃または 60℃の 10 分間および 15 分間の温湯処理では、品種や、うるち米ともち米の違いにかかわらず、種子発芽への影響はほとんど認められなかった。ただし、処理前の発芽率が低い種もみは温湯処理による発芽率の低下が大きかった。これに対して、発芽率 95%以上の種もみは発芽率の低下が小さかった。また、開発した温湯消毒装置を用いて 80 kg の種もみを 40℃の予浸水槽に 10 分間浸漬後、62℃の殺菌水槽に 10 分間浸漬した試験でも、恒温水槽の試験とほぼ同様の結果が得られた (表-6)。温湯消毒による種子発芽率の低下を軽減するために、発芽率 95%以上の種もみを用いることが望ましいと考えられる。

V 大規模水稻育苗施設への適用性

三重県内の平均的な大型水稻育苗施設の出荷苗箱数は約 3 万箱で、播種期間は約 10 日間に集中しており、1 日当たりの播種量は約 600 kg と推定される。一方、開発した温湯消毒装置の予浸、殺菌、冷却に必要な所用時間は約 30 分間であり、1 回当たりの最大温湯処理能力が 80 kg であることから判断して、1 施設当たり 1 台導入すればよいと考えられる。

おわりに

我々は、開発した温湯消毒装置について基礎試験および実用規模試験を行い、実用化が可能な装置であると判断した。装置の実用化を進めるため、2002 年に三重県内の大規模水稻育苗施設を対象に温湯消毒装置導入に関

表-6 種もみの温湯処理後の発芽率

供試品種	採種年	恒温水槽による試験					温湯消毒装置 による試験	
		無処理	58℃		60℃			
			10分	15分	10分	15分	無処理	処理
コシヒカリ	2000	94.5	94.0	92.5	89.5	89.0	92.0	81.0
キヌヒカリ	2001	97.0	96.0	96.0	94.5	96.0	92.0	90.0
うこん錦	2001	96.5	97.0	98.5	94.5	93.5	96.0	95.0
山田錦	2001	99.5	98.5	97.0	95.0	95.5	95.0	90.5
どんとこい	2000	97.0	95.5	97.5	95.0	90.5	96.0	95.0
黄金晴	2000	91.5	92.0	83.5	82.5	80.5	77.5	58.5
あゆみもち	2000	83.5	86.5	81.0	77.0	75.5	79.0	61.0
喜寿もち	1999	87.0	83.0	80.5	63.5	57.5	78.5	60.5
恵もち	1999	94.5	96.0	93.0	85.0	85.5	84.0	71.5

100 粒調査の 2 反復の平均。温湯消毒装置による試験は、40℃に 10 分間浸漬後、62℃に 10 分間浸漬。■は 90%以下の発芽率。

する市場調査を行っている。しかし、その時点では主な施設では農薬の廃液処理装置が導入された直後であり、新たに温湯消毒装置を導入するには現場ニーズが高まっておらず、大規模水稻模育苗施設への温湯消毒装置の普及は難しいと判断せざるをえない結果であった。

ところが、2004 年ごろから自ら育苗する稲作農家がエコファーマーの申請、特別栽培米生産など表示制度の導入などに移行するのをきっかけに、化学合成農薬を低減する生産技術として温湯消毒が注目されるようになった。本県においては、我々の研究成果をはじめ温湯消毒の有効性についての研修会開催や、普及センターの指導によって農家の温湯消毒への関心が高まり、市販の温湯消毒装置の普及が急速に進んでいった。さらに、行政の米戦略の中で環境保全型技術として温湯消毒を位置づけ、装置導入の助成事業に取り組んだこともあり、JA

や担い手農家の大規模水稻育苗施設が 1 施設当たり複数台の温湯消毒装置を導入する事例が増えているなど、2002 年に調査した時点と一変した様相になっている。2006 年には県内の水稻作付面積の約 10%に当たる 3,000 ha の水田で温湯消毒が実施されており、環境保全型農業の推進にあつて、有効な技術開発として今後も利用が期待されている。さらに、安定した効果を確保するための厳密な液温制御技術、省力化や軽労化を目指した装置開発が必要と考えられる。

引用文献

- 1) 江口直樹ら (2000 a): 関東東山病虫研報 47: 23 ~ 26.
- 2) ———ら (2000 b): 同上 47: 27 ~ 29.
- 3) 早坂 剛 (2001): シンポジウム「水稻種子の諸問題と今後の展開」講演要旨, 日本植物防疫協会: 50 ~ 55.
- 4) 山下 亨ら (2000 a): 関東東山病虫研報 47: 7 ~ 11.
- 5) ———ら (2000 b): 同上 47: 13 ~ 16.

(新しく登録された農薬 7 ページからの続き)

なし (無袋栽培): ナシヒメシンクイ, クワコナカイガラムシ, ハマキムシ類, アブラムシ類, ナシチビガ, ナシキジラミ, カメムシ類, ナシゲンバイ: 収穫 21 日前まで

もも: ナシヒメシンクイ (心折防止), シンクイムシ類, アブラムシ類, モモハモグリガ, ハマキムシ類, カメムシ類: 収穫 3 日前まで

大粒種ぶどう: ブドウトラカミキリ, フタテンヒメヨコバイ, コガネムシ類成虫, アカガネサルハムシ, ブドウスカシバ, クワコナカイガラムシ: 収穫 21 日前まで

かき: カキノヘタムシガ, フジコナカイガラムシ, オオワタコナカイガラムシ幼虫, カメムシ類, イラガ類, ドウガネブイブイ成虫: 収穫 45 日前まで

おうとう: ケムシ類: 収穫 14 日前まで

くり: クリタマバチ, モモノゴマダラノメイガ: 裂果前但し収穫 14 日前まで

小粒種ぶどう: ブドウトラカミキリ, フタテンヒメヨコバイ, コガネムシ類成虫, アカガネサルハムシ, ブドウスカシバ, クワコナカイガラムシ: 収穫 90 日前まで

●マラソン乳剤

21901: 協友マラソン乳剤 50 (協友アグリ) 07/02/07
マラソン: 50.0%

かんきつ (なつみかんを除く): ハダニ類, アブラムシ類, カイガラムシ類, ハマキムシ類, ヤノネカイガラムシ若齢幼虫, アオバハゴロモ: 収穫 14 日前まで

りんご: ハダニ類, リンゴワタムシ, アブラムシ類, ナシヒメシンクイ, ハマキムシ類, カイガラムシ類, モモシンクイガ: 収穫 14 日前まで

なし: ハダニ類, アブラムシ類, ナシヒメシンクイ, ハマキムシ類, カイガラムシ類: 収穫 7 日前まで

(20 ページに続く)